

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Patent Application of)	
)	
Taekyun KIM et al.)	Group Art Unit: Unassigned
)	
Application No.: Unassigned)	Examiner: Unassigned
)	
Filed: July 15, 2003)	Confirmation No.: Unassigned
)	
For: APPARATUS AND METHOD FOR)	
RETRIEVING FACE IMAGES USING)	
COMBINED COMPONENT)	
DESCRIPTORS)	
)	

CLAIM FOR CONVENTION PRIORITY

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

The benefit of the filing date of the following prior foreign application in the following foreign country is hereby requested, and the right of priority provided in 35 U.S.C. § 119 is hereby claimed:

Korean Patent Application Nos. 10-2002-0041406 and 10-2002-0087920

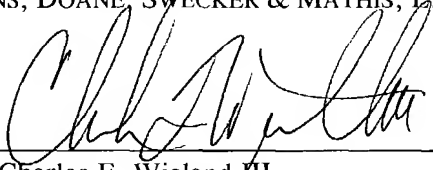
Filed: July 15, 2002 and December 31, 2002

In support of this claim, enclosed are certified copies of said prior foreign applications. Said prior foreign applications were referred to in the oath or declaration. Acknowledgment of receipt of the certified copies is requested.

Respectfully submitted,

BURNS, DOANE, SWECKER & MATHIS, L.L.P.

Date: July 15, 2003

By: 
Charles F. Wieland III
Registration No. 33,096

P.O. Box 1404
Alexandria, Virginia 22313-1404
(703) 836-6620

(Translation)

KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE

This is to certify that the following application annexed hereto is a true copy from the records of the Korean Intellectual Property Office.

Application Number: 10-2002-0041406

Date of Application: July 15, 2002

Applicant(s): Samsung Electronics Co., Ltd.

Dated this 10th day of July, 2003

Commissioner (Seal)



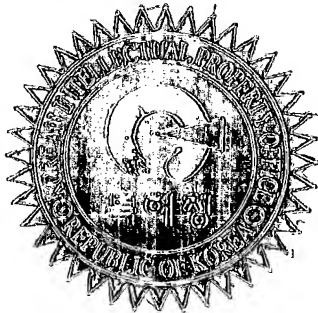
별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto
is a true copy from the records of the Korean Intellectual
Property Office.

출원번호 : 10-2002-0087920
Application Number

출원년월일 : 2002년 12월 31일
Date of Application DEC 31, 2002

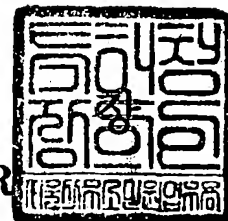
출원인 : 삼성전자주식회사
Applicant(s) SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.



2003 07 10 일
 년 월

특 허 청

COMMISSIONER





1020020087920

출력 일자: 2003/7/10

【서지사항】

【서류명】	특허출원서
【권리구분】	특허
【수신처】	특허청장
【참조번호】	0001
【제출일자】	2002.12.31
【발명의 명칭】	결합된 성분 서술자를 이용한 얼굴 검색 방법 및 그 장치
【발명의 영문명칭】	METHOD OF RETRIEVING FACIAL IMAGE USING COMBINED FACIAL COMPONENT DESCRIPTOR AND APPARATUS THEREOF
【출원인】	
【명칭】	삼성전자 주식회사
【출원인코드】	1-1998-104271-3
【대리인】	
【성명】	김동진
【대리인코드】	9-1999-000041-4
【포괄위임등록번호】	2002-007585-8
【발명자】	
【성명의 국문표기】	김태균
【성명의 영문표기】	KIM,Tae Kyun
【주민등록번호】	760504-1690817
【우편번호】	449-900
【주소】	경기도 용인시 기흥읍 구갈리 365-3
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	김상룡
【성명의 영문표기】	KIM,Sang Ryong
【주민등록번호】	570824-1155017
【우편번호】	449-843
【주소】	경기도 용인시 수지읍 상현리 30 성원아파트 118-1204
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	기석철
【성명의 영문표기】	KEE,Seok Cheol
【주민등록번호】	640428-1019213

【우편번호】	449-900
【주소】	경기도 용인시 기흥읍 삼성아파트 104동 701호
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	황원준
【성명의 영문표기】	HWANG, Won Jun
【주민등록번호】	760511-1768127
【우편번호】	156-091
【주소】	서울특별시 동작구 사당1동 1005-2
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	김현우
【성명의 영문표기】	KIM, Hyun Woo
【주민등록번호】	720109-1140110
【우편번호】	449-900
【주소】	경기도 용인시 기흥읍 삼성종합기술원 기숙사 A동 213호
【국적】	KR
【우선권주장】	
【출원국명】	KR
【출원종류】	특허
【출원번호】	10-2002-0041406
【출원일자】	2002.07.15
【증명서류】	미첨부
【심사청구】	청구
【취지】	특허법 제42조의 규정에 의한 출원, 특허법 제60조의 규정에 의한 출원심사를 청구합니다. 대리인 김동진 (인)
【수수료】	
【기본출원료】	20 면 29,000 원
【가산출원료】	22 면 22,000 원
【우선권주장료】	1 건 26,000 원
【심사청구료】	21 항 781,000 원
【합계】	858,000 원

1020020087920

출력 일자: 2003/7/10

【첨부서류】

1. 요약서·명세서(도면)_1통
2. 우선권증명서류 및 동 번역문[특허청 기재출]_1통

【요약서】**【요약】**

본 발명은 얼굴 성분별로 생성되어 있는 성분 서술자를 결합하여 하나의 얼굴 서술자를 생성하여 비교함으로써 얼굴 검색에 필요한 데이터 양 뿐만 아니라 검색시간을 절감시키는 결합된 성분 서술자를 이용한 얼굴 검색 방법 및 장치에 관한 것이다. 또한 본 발명은 얼굴 검색시 입력얼굴 뿐만 아니라 이와 유사한 학습얼굴을 비교기준으로 적용함으로써 더욱 정확한 얼굴 검색률을 제공할 수 있는 결합된 성분 서술자를 이용한 얼굴 검색 방법 및 장치를 제공한다.

본 발명에 따르면, 성분별로 분할된 성분 서술자를 결합하여 하나의 얼굴 서술자로 구현함으로써 데이터 처리 분량을 현저히 절감하면서 정확한 검색이 가능하고, 얼굴 검색 시간 또한 단축시킬 수 있으며, 또한 얼굴 검색시 입력얼굴 뿐만 아니라 이와 유사한 학습얼굴을 비교기준으로 적용하는 조인트 검색 방법을 사용함으로써 보다 정확한 검색이 가능하다.

【대표도】

도 1

【색인어】

LDA, GDA, 얼굴 검색, 특징 추출, 얼굴 서술자

【명세서】

【발명의 명칭】

결합된 성분 서술자를 이용한 얼굴 검색 방법 및 그 장치{METHOD OF RETRIEVING FACIAL IMAGE USING COMBINED FACIAL COMPONENT DESCRIPTOR AND APPARATUS THEREOF}

【도면의 간단한 설명】

도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 얼굴 검색 장치의 구성도이다.

도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 얼굴 검색 방법의 흐름도이다.

도 3는 본 발명의 일실시예에 따른 얼굴 검색 방법의 과정을 도시한 블록도이다.

도 4은 본 발명의 일실시예에 따른 유사도 판단 방법의 흐름도이다.

도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 얼굴 성분 분할 과정을 도시한다.

도 6은 종래의 검색 방법과 본 발명에 따른 얼굴 검색 방법을 적용한 실험 결과를 도시한다.

* 도면의 주요부분에 대한 부호의 설명 *

10: 다단 LDA 변환부 20: 유사 판단부

30: 영상 DB 100: 영상 입력부

200: 성분 분할부 300: 제 1 LDA 변환부

310: LDA 변환부 320: 벡터 정형화부

400: 벡터 합성부 500: 제 2 LDA/GDA 변환부

600: 변환 매트릭스/변환 계수 DB

【발명의 상세한 설명】**【발명의 목적】****【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】**

- <14> 본 발명은 결합된 얼굴 성분 서술자를 이용한 얼굴 검색 방법 및 그 장치에 관한 것으로 2002년 7월 15일 출원된 한국특허출원 제2002-41406호, 발명의 제목 "LDA 프로젝트에 GDA 를 적용한 얼굴 디스크립션(서술자) 산출 방법"을 우선권 주장하는 특허출원이다.
- <15> 일반적으로 얼굴 검색기술은 특징인으로부터 입력된 얼굴 영상(이하, '쿼리 얼굴 영상')을 기준으로 하여 이미 데이터 베이스(이하 'DB')에 저장된 얼굴 영상(이하, '학습 얼굴 영상')과 비교함으로써 입력된 쿼리 얼굴 영상과 동일하거나 가장 유사한 학습 얼굴 영상을 DB에서 검색하는 것이다.
- <16> 미리 저장된 학습 얼굴 영상과 가장 유사한 얼굴 영상을 검색할 때 정확한 검색 결과를 얻기 위해서는, 한 사람의 얼굴 영상들에 대해서는 얼굴 영상들의 조명, 포즈, 표정 변환 등에는 무관하게 그 얼굴 영상의 주체(identity)를 가장 잘 구분할 수 있는 특징으로 그 사람의 얼굴 영상들이 데이터화 되어야 하며, 다수 사람의 다수 얼굴 영상들이 저장된 대용량 얼굴 영상 DB를 고려시 간략한 유사도 판단 방법이 필요하다.
- <17> 일반적으로 얼굴 영상은 픽셀로써 구분되고, 이 픽셀들은 고차원의 행렬(벡터)로써 표현되는데, 그 행렬 데이터의 양이 방대하기 때문에 정확성을 제공하면서도 적은 양의 데이터로써 얼굴 영상을 표현하고, 입력된 얼굴 영상과 가장 유사한 얼굴 영상을 미리

저장된 얼굴 영상 데이터 베이스에서 검색할 때 적은 계산량으로 검색을 수행하기 위해 많은 연구가 진행되어 왔다.

<18> 지금 현재 정확성을 제공하면서도 적은 양의 데이터로써 얼굴 영상을 표현하여 적은 계산량으로 검색을 수행하는 방법으로서, 고유얼굴(Eigenface)을 이용한 주성분 분석(PCA:Principal Components Analysis) 방법, 클래스(사람)별 분산은 최대로 하고 클래스내(한 사람의 다양한 영상 간) 분산은 최소로 하는 프로젝션(변환 매트릭스) W 를 학습에 의해 결정하고 결정된 프로젝션 W 를 이용하여 얼굴 영상을 소정의 서술자로 표현하는 선형 판별 분석(LDA;Linear Discriminant Analysis) 방법 등이 사용되고 있다.

<19> 또한 검색 성능의 향상을 위해 전체 얼굴 영상을 그대로 데이터로 표현하지 않고 몇 개의 얼굴 성분(예를 들면 눈, 코, 입 등)으로 분할하고, 분할된 각 얼굴 성분에서 독립적으로 특징 벡터를 추출한 후, 각 성분 별 가중치를 고려하여 비교함으로써 얼굴 검색을 수행하는 방법이 사용되고 있다.

<20> 분할된 각 얼굴 성분에 대해 LDA 방법을 적용하여 얼굴 검색을 수행하는 방법은, 한국 특허 제2002-23255호, 발명의 제목 "Component-based LDA(Linear Discriminant Analysis) face descriptor" 등에 개시되어 있다.

<21> 그러나, 이러한 방법은 각 성분들의 특징 벡터 데이터를 전체적으로 비교하기 때문에, 대용량의 학습얼굴들을 비교하게 되면 비교해야 할 특징 벡터 데이터가 급격히 증가하므로 데이터 처리가 비효율적이고 처리시간 또한 지연되는 문제가 있었으며, 성분들간의 관계를 충분히 반영하지 못하기 때문에 얼굴 검색의 정확도가 부족하였다.

【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】

<22> 본 발명은 상기 문제점을 해결하기 위해 안출된 것으로서, 본 발명의 목적은 얼굴 성분별로 생성되어 있는 성분 서술자를 결합하여 차원이 낮은 얼굴 서술자를 생성하여 비교함으로써 얼굴 검색에 필요한 데이터 양 뿐만 아니라 검색시간을 절감하면서 정확한 검색이 가능한, 결합된 성분 서술자를 이용한 얼굴 검색 방법 및 그 장치를 제공하기 위한 것이다.

<23> 본 발명의 다른 목적은 얼굴 검색시 입력얼굴 뿐만 아니라 이와 유사한 학습얼굴을 비교기준으로 적용함으로써 더욱 정확한 얼굴 검색률을 제공할 수 있는 결합된 성분 서술자를 이용한 얼굴 검색 방법 및 그 장치를 제공하기 위한 것이다.

【발명의 구성 및 작용】

<24> 상기 목적을 달성하기 위하여 본 발명의 일실시예에 따른 결합된 성분 서술자를 이용한 얼굴 검색 장치는, 입력된 얼굴 영상을 성분별로 분할하는 성분 분할부, 상기 분할된 각 성분을 LDA 변환을 통해 각각의 성분 서술자로 변환하는 제 1 LDA 변환부, 상기 각각의 성분 서술자를 결합하는 벡터 합성부, 상기 벡터 합성부에서 결합된 결과를 GDA 변환을 통해 얼굴 서술자로 변환하는 제 2 GDA 변환부, 및

<25> 입력된 쿼리 얼굴 영상의 얼굴 서술자와 영상 DB 내 얼굴 영상들의 얼굴 서술자를 비교하여, 상기 입력된 쿼리 얼굴 영상과 상기 영상 DB 내 얼굴 영상들의 유사도를 판단하는 유사 판단부를 포함한다.

<26> 본 발명의 다른 실시예에 따른 결합된 성분 서술자를 이용한 얼굴 검색 장치는, 입력된 얼굴 영상을 성분별로 분할하는 성분 분할부, 상기 분할된 각 성분을 LDA 변환을

통해 각각의 성분 서술자로 변환하는 제 1 LDA 변환부, 상기 변환된 각각의 성분 서술자를 결합하는 벡터 합성부, 상기 각각의 성분 서술자를 결합하는 벡터 합성부, 상기 벡터 합성부에서 결합된 결과를 LDA 변환을 통해 얼굴 서술자로 변환하는 제 2 LDA 변환부, 입력된 쿼리 얼굴 영상의 얼굴 서술자와 영상 DB 내 얼굴 영상들의 얼굴 서술자를 비교하여, 상기 입력된 쿼리 얼굴 영상과 상기 영상 DB 내 얼굴 영상들의 유사도를 판단하는 유사 판단부를 포함한다.

<27> 상기 목적을 달성하기 위하여 본 발명의 일실시예에 따른 결합된 성분 서술자를 이용한 얼굴 검색 방법은, 입력된 얼굴 영상을 성분별로 분할하는 단계, 상기 분할된 각 성분을 LDA 변환을 통해 각각의 성분 서술자로 변환하는 단계, 상기 각각의 성분 서술자를 결합하는 단계, 상기 결합된 결과를 GDA 변환을 통해 얼굴 서술자로 변환하는 단계, 및 입력된 쿼리 얼굴 영상의 얼굴 서술자와 영상 DB 내 얼굴 영상들의 얼굴 서술자를 비교하여, 상기 입력된 쿼리 얼굴 영상과 상기 영상 DB 내 얼굴 영상들의 유사도를 판단하는 단계를 포함한다.

<28> 본 발명의 다른 실시예에 따른 결합된 성분 서술자를 이용한 얼굴 검색 방법은, 입력된 얼굴 영상을 성분별로 분할하는 단계, 상기 분할된 각 성분을 LDA 변환을 통해 각각의 성분 서술자로 변환하는 단계, 상기 각각의 성분 서술자를 결합하는 단계, 상기 결합된 결과를 LDA 변환을 통해 얼굴 서술자로 변환하는 단계, 및 입력된 쿼리 얼굴 영상의 얼굴 서술자와 영상 DB 내 얼굴 영상들의 얼굴 서술자를 비교하여, 상기 입력된 쿼리 얼굴 영상과 상기 영상 DB 내 얼굴 영상들의 유사도를 판단하는 단계를 포함한다.

<29> 먼저, 본 발명에서 적용된 LDA(Linear Discriminant Analysis:선형판별분석) 방법에 대해 설명한다. LDA 방법은 T.K. Kim, et al, "Component-based LDA Face Descriptor

for Image Retrieval" British Machine Vision Conference(BMVC), Cardiff, UK, Sept. 2-5, 2002. 의 논문 등에 개시되어 있다.

<30> LDA 방법과 같은 학습방법을 적용하면 인코딩시에 조명변화 및 포즈변화를 제거할 수 있다. 특히, LDA 방법은 신원 학습예로서 두 개 이상의 얼굴 영상이 등록된 얼굴 인식 시나리오를 효과적으로 처리할 수 있다.

<31> 한편, LDA 방법은 동일성(Identity)이 다른 클래스(다른 사람)간의 분리가 잘 표현 되도록 하는 방법으로서, 동일성의 변화와 조명 또는 표정의 변화와 같은 다른 요인에 의한 영상의 변화를 구분할 수 있는 방법이다. 또한, LDA는 분류에 유용하도록 데이터를 표현한다는 점에서 클래스 특정 방법(Class Specific Method)이다. 그래서, 어떤 사람이 등록시와 다른 조명에서 인식을 시도하였을 경우, 이 변화의 원인은 조명의 변화이므로 여전히 동일인이라는 판별을 내릴 수 있는 것으로, 이것은 변환 후 서로 다른 동일성을 가지는 클래스에 속하는 얼굴 영상간의 분산은 최대로 하고 서로 같은 동일성을 가지는 클래스에 속하는 얼굴 영상간의 분산은 최소가 되도록 하는 변환을 산출함으로써 달성될 수 있다.

<32> C 개의 클래스 $\{X_1, X_2, \dots, X_C\}$ 중에 하나에 속하는 N 개의 이미지 셋 $\{x_1, x_2, \dots, x_N\}$ 이 주어지면, LDA는 클래스간 분산(between-class scatter) 및 클래스내 분산(within-class scatter)의 비가 최대가 되도록 선형 변환 매트릭스 W 를 선택한다.

<33> 수학적으로, 클래스간 분산 매트릭스(S_B) 및 클래스내 분산 매트릭스(S_W)는 다음의 식(1)과 같이 정의된다.

<34>

$$S_B = \sum_{i=1}^C N_i (\mu_i - \mu)(\mu_i - \mu)^T$$

【수학식 1】

<35>

$$S_W = \sum_{i=1}^c \sum_{x \in X_i} (x_k - \mu_i)(x_k - \mu_i)^T$$

<36>

여기서, μ 는 전체 이미지의 평균 이미지를, μ_i 는 클래스 X_i 의 평균 이미지를, N_i 는 클래스 X_i 의 얼굴 영상 숫자를 나타낸다. 만일 클래스내 분산 매트릭스 S_W 가 유일(singular)하지 않다면, LDA는 클래스간 분산 매트릭스의 디터미넌트(Determinant)에 대한 클래스내 분산 매트릭스의 디터미넌트의 비를 최대로 하는 정규직교행렬 (Orthonormal Matrix) W_{opt} 를 구한다. 즉, LDA 프로젝션 매트릭스는 다음의 식(2)와 같이 표현된다.

<37>

$$W_{opt} = \arg \max_W \frac{|W^T S_B W|}{|W^T S_W W|} = [w_1 \quad w_2 \quad \Lambda \quad w_m]$$

【수학식 2】

<38>

해집합 $\{w_i | i=1, 2, \dots, m\}$ 은 m 개의 가장 큰 고유값 $\{\mu_i | i=1, 2, \dots, m\}$ 에 대응되도록 생성된 고유벡터 S_B 및 S_W 의 해이다.

<39>

이하에서, 본 발명의 LDA 서술자에 대해서 설명한다.

<40>

본 발명은 이미지 변화에 대한 양호한 선형성 및 강인성을 가지는 성분 기반 접근 방법과 LDA 방법을 결합하였다. LDA 방법은 분리된 얼굴 성분들에 개별적으로 적용되고, 이러한 적용으로 인해 정확성이 개선된다.

<41>

먼저, 학습 얼굴 영상 집합에 대해서, LDA 변환 매트릭스가 추출된다. N 개의 학습 영상 $\{x_1, x_2, \dots, x_N\}$ 가 주어지면, 모든 영상은 성분 분할 정의에 의해서 L 개의 얼굴 성분들로 분리된다. 각 성분 분할 영역은 전부 합쳐져서 k 번째 성분에 대해서 $\{z_1^k, z_2^k, \dots, z_N^k\}$ 와 같이 벡터 형식으로 표현된다. 그러면, 각 성분끼리의 집합에 대

해서, LDA 변환 매트릭스가 학습된다. k 번째 얼굴 성분에 대해서 대응되는 LDA 매트릭스 W^k 가 계산된다. 마지막으로, LDA 변환 매트릭스의 집합 $\{W^1, W^2, \dots, W^L\}$ 은 이후 학습 단계 또는 검색 단계를 위해서 저장된다.

- <42> 학습 얼굴 영상 집합에 대해서, 얼굴 영상 X 로부터 얼굴 성분에 대응되는 L 벡터 $z = \{z^1, z^2, \dots, z^L\}$ 가 추출된다. LDA 특징 벡터(즉, 성분 서술자)의 집합 $y = \{y^1, y^2, \dots, y^L\}$ 은 얼굴 성분에 대응되는 LDA 변환 매트릭스에 의해서 변환함으로써 각각 구해진다. 특징 벡터는 $y^k = (W^k)^T z^k$, $k=1, 2, \dots, L$ 에 의해서 계산된다.
- <43> 따라서, 성분 기반 LDA 방법에 대해서, 얼굴 영상 X 는 LDA 특징 벡터 즉, 성분 서술자 $\{y^1, y^2, \dots, y^L\}$ 에 의해서 간결하게 표현된다.
- <44> 결론적으로 LDA 방법을 적용하기 위해서는 학습에 의해 성분별 LDA 변환 매트릭스 W^k 가 계산되어야 하며, 이후 입력되는 쿼리 얼굴 영상은 계산된 LDA 변환 매트릭스 W^k 를 이용하여 $y^k = (W^k)^T z^k$ 에 의하여 LDA 변환된다.
- <45> 이하, 본 발명에서 적용된 GDA(General Discriminant Analysis: 일반선형판별분석) 방법에 대해 설명한다. GDA 방법은 BAUDAT G., et al, "Generalized Discriminant Analysis Using a Kernel Approach" Neural Computation, 2000.의 논문 등에 개시되어 있다.
- <46> GDA 방법은 비선형 특징 추출을 위해 설계된 방법이다. GDA 방법의 목적은 클래스 사이의 분산과 선형 경우에서 변형된 데이터의 전체 분산 사이의 비율을 최대화하는 비선형 분산을 탐색하는 것이다. 분산 사이의 최대 비율은 LDA 방법과 유사한 고유치 분석을 통해 얻어진다.

<47> 비선형 확장은 오리지널 공간(Y)으로부터의 데이터를 함수($\Phi: Y \rightarrow Z$)에 의해 새로운 고차원 특징 공간(Z)에 매핑함으로써 실행된다. 새로운 공간(Z)의 고차원성 문제는 커널 함수($k: Y \times Y \rightarrow R$)를 사용하여 방지된다. 커널 함수의 값, $k(y_i, y_j)$ 은 비선형적으로 매핑된 벡터 $\Phi(y_i)$ 와 $\Phi(y_j)$, 예를 들면 데이터가 확실한 매핑없이 고차원 공간으로 효율적으로 평가될 수 있는 $k(y_i, y_j) = \Phi(y_i)^T \Phi(y_j)$ 의 내적과 같다.

<48> $y_{k,i}$ 가 k 번째 클래스의 i 번째 학습 성분이고, M 이 클래스의 수이고, N_i 가 i 번째 클래스에서의 성분 수를 표시하며, $N = \sum_{k=1}^M N_k$ 가 모든 성분의 수를 표시한다고 하자. 데이터가 집중된다고 가정하면, 비선형적으로 매핑된 데이터의 전체 분산 매트릭스 (scatter matrix)는,

<49>
$$S_T = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^M \sum_{i=1}^{N_k} \Phi(y_{k,i}) \Phi(y_{k,i})^T$$
 이다.

<50> 비선형적으로 매핑된 클래스간 분산 매트릭스는

<51>
$$S_B = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^M N_k \Phi(\mu_k) \Phi(\mu_k)^T$$
 로써 정의되며,

<52> 여기서
$$\Phi(\mu_k) = \frac{1}{N_k} \sum_{i=1}^{N_k} \Phi(y_{k,i})$$
 이다.

<53> GDA 방법의 목적은 다음의 식(3)과 같은 비율을 최대화하는 프로젝션 벡터 $w \in Z$ 를 탐색하는 것이다.

<54>
$$\lambda = \frac{w^T S_B w}{w^T S_T w}$$

【수학식 3】

<55> **【수학식 4】** $\lambda S_T w = S_B w$

<56> 여기서, λ 는 고유벡터 w 에 대응하는 고유치이다.

<57> 식(3)을 최대화하는 벡터 $w \in Z$ 가 일반화된 고유치 문제의 해결책이라고 잘 알려져 있다.

<58> 커널 함수를 사용하기 위해 모든 계산은 내적 항에서 수행되어야 한다. 지금까지, 프로젝션 벡터 w 는 예를 들면 다음의 식(5)와 같은 학습 성분의 선형 조합으로 표현된다.

<59> **【수학식 5】**
$$w = \sum_{k=1}^M \sum_{i=1}^N \alpha_{k,i} \Phi(y_{k,i})$$

<60> 여기서, $\alpha_{k,i}$ 는 일부 실제 가중치이다. 식(5)을 사용하여 식(3)은 다음의 식(6)과 같이 표현될 수 있다.

<61> **【수학식 6】**
$$\lambda = \frac{\alpha^T K W K \alpha}{\alpha^T K K \alpha}$$

<62> 여기서, 벡터 $\alpha = (\alpha_k)$, $k=1, \dots, M$ 및 $\alpha_k = (\alpha_{k,i})$, $i=1, \dots, N_k$ 이다. 커널 매트릭스 $K (N \times N)$ 는 예를 들어 다음의 식(7)과 같이 비선형적으로 매핑된 데이터의 내적으로 구성된다.

<63> **【수학식 7】** $K = (K_{k,i})_{k=1, \dots, M, i=1, \dots, N}$, 여기서,

<64>
$$K_{k,i} = (k(y_{k,i}, y_{l,j}))_{i=1, \dots, N, j=1, \dots, N} \text{ 이다.}$$

<65> 매트릭스 $W (N \times N)$ 는 다음의 식(8)과 같은 블록 대각선 매트릭스이다.



<66> 【수학식 8】 $W=(W_K)_{K=1,\dots,M}$

<67>

여기서, 위 대각선에서 k 번째 매트릭스는 $\frac{1}{N_k}$ 과 동일한 모든 엘리먼트를 가진다.

<68> 고유치 문제 식(6)의 해는 프로젝션 벡터 $w \in Z$ 를 정의하는 계수 벡터 a 를 산출한다. 테스트 벡터 y 의 프로젝션은 다음의 식(9)과 같이 계산된다.

<69>

$$w^T \Phi(y) = \sum_{k=1}^M \sum_{i=1}^N \alpha_{ki} k(y_{ki}, y)$$

【수학식 9】

<70> 이미 언급된 바와 같이, 학습 벡터는 특징 공간 Z 에 집중될 것으로 가정된다. 집중 벡터 $\Phi(y)$ 는 다음의 식(10)과 같이 계산된다.

<71>

$$\Phi(y)' = \Phi(y) - \frac{1}{N} \sum_{k=1}^M \sum_{i=1}^N \Phi(y_{ki})$$

【수학식 10】

<72> 식(10)은 데이터가 내적의 항에서만 나타나기 때문에 집중된 커널 매트릭스 K' (K 대신에)를 사용하여 암시적으로 수행될 수 있다. 집중된 커널 매트릭스 K' 는 다음의 식(11)과 같이 계산된다.

<73>

$$K' = K - \frac{1}{N} IK - \frac{1}{N} KI - \frac{1}{N^2} IKI$$

【수학식 11】

<74> 여기서, 매트릭스 $I(N \times N)$ 는 I 와 동일한 모든 엘리먼트를 가진다. 유사하게 테스트 벡터 y 는 식(9)에 의한 프로젝팅 이전에 식(10)에 의해 형성되어야 한다. 테스트 벡터 y 에 대한 식(10)과 식 (9)의 적용은 프로젝션을 위해 다음의 식(12)를 사용하는 것과 동등하다.

<75>

$$w^T \Phi(y) = \sum_{k=1}^M \sum_{i=1}^N \beta_{ki} k(y_{ki}, y) + b$$

【수학식 12】

<76>

집중된 계수 $\beta_{k,i}$ 는 다음 식(13)과 식(14)로 계산된다.

<77>

$$\beta_{ki} = \alpha_{ki} - \frac{1}{N} J \alpha$$

【수학식 13】

<78>

$$b = -\frac{1}{N} J K J \alpha + \frac{1}{N^2} J \alpha J K J$$

【수학식 14】

<79>

여기서, 열 벡터 $J(N \times 1)$ 는 1과 동일한 모든 항을 가지고 b 는 편의(bias)이다.

<80>

결국 GDA 방법을 적용하기 위해서는 사용할 커널 함수가 미리 지정되고, 학습에 의해 지정된 커널 함수에 따른 변환 계수 β 및 b 가 계산되어야 하고, 이후 입력되는 쿼리 얼굴 영상은 지정된 커널 함수, 계산된 변환 계수 β 및 b 를 이용하여 식 (12)에 의해 변환된다.

<81>

본 발명은 LDA 변환(이하 '제 1 LDA 변환')에 의해 산출된 모든 얼굴 성분별 특징 벡터 즉, 성분 서술자를 단일 벡터 $y_i = [y_i^1, y_i^2, \dots, y_i^L]$ 로 결합하고 다시 한번 LDA 또는 GDA 변환(이하 '제 2 LDA/GDA 변환')을 통해 관련 특징 벡터 즉, 얼굴 서술자 z_i 를 추출하는 것을 제안한다. 본 발명에 따른 결합된 성분 서술자를 이용한 얼굴 검색 방법 및 장치는 후술되는 '1. 학습 단계'에 의한 학습이 전제되며, 이후 검색할 쿼리 얼굴 영상이 입력될 경우 '2. 검색 단계'를 수행한다.

<82>

1. 학습단계

- <83> 가. 학습 얼굴 영상 x_i 들에 대해 성분 분할 정의에 의해서 L 개의 얼굴 성분들로 분리하여 학습하고, L 개의 얼굴 성분별로 제 1 LDA 변환 매트릭스 $W^k, k=1,2,\dots,L$ 가 계산된다.
- <84> 나. 학습 얼굴 영상 x_i 들을 상기 계산된 제 1 LDA 변환 매트릭스 $W^k, k=1,2,\dots,L$ 를 이용하여 $y^k=(W^k)^T z^k$ 에 의하여 제 1 LDA 변환하고, LDA 성분 서술자 $y_i^1, y_i^2, \dots, y_i^L$ 를 계산한다.
- <85> 다. 각 학습 얼굴 영상 x_i 별로 LDA 성분 서술자 $y_i^1, y_i^2, \dots, y_i^L$ 를 벡터 정형화 한후 단일 벡터 $y_i=[y_i^1, y_i^2, \dots, y_i^L]$ 로 결합된다.
- <86> 벡터 정형은 $a' = \frac{a}{\|a\|}$ 에 의해 이루어지고, 여기서 a 는 길이 n 을 가진 벡터를 말한다.
- <87> 라. 결합된 단일 벡터들을 학습하여 소정의 제 2 변환(LDA 또는 GDA)에 필요한 변환 매트릭스 또는 변환 계수 등이 계산된다.
- <88> 제 2 LDA 변환이 적용될 경우, 학습에 의해 결합된 단일 벡터들에 대한 제 2 LDA 변환 매트릭스 W 가 계산되고, 제 2 GDA 변환이 적용될 경우 사용할 커널 함수가 지정되고, 학습에 의해 지정된 커널 함수에 따른 변환 계수 β 및 b 가 계산된다.
- <89> 마. 학습 얼굴 영상 x_i 들에 대해, 학습에 의해 계산된 변환 매트릭스 또는 계산된 변환 계수를 이용하여 제 1 LDA 변환 및 제 2 LDA/GDA 변환이 적용된 얼굴 서술자 z_i 가 산출된다.

- <90> 2. 검색 단계

- <91> 가. 입력된 쿼리 얼굴 영상 x 에 대해 성분 분할 정의에 의해서 L 개의 얼굴 성분들로 분리하고, 분리된 성분별로 학습 단계에서 계산된 L 개의 얼굴 성분별 제 1 LDA 변환 매트릭스 $W^k, k=1,2,\dots,L$ 를 이용하여 제 1 LDA 변환을 수행한다.
- <92> 나. 입력된 쿼리 얼굴 영상 x 에 대한 LDA 성분 서술자 $y_i^1, y_i^2, \dots, y_i^L$ 를 벡터 정형화한 후 단일 벡터 $y_i = [y_i^1, y_i^2, \dots, y_i^L]$ 로 결합한다.
- <93> 다. 결합된 단일 벡터에 대해,
- <94> 제 2 LDA 변환이 적용된 경우, 학습 단계에서 계산된 제 2 LDA 변환 매트릭스 W 를 이용하여 제 2 LDA 변환을 수행하고,
- <95> 제 2 GDA 변환이 적용된 경우, 지정된 커널 함수, 학습에 의해 지정된 변환 계수 β 및 b 를 이용하여 제 2 GDA 변환을 수행하여 얼굴 서술자 z 를 산출한다.
- <96> 라. 입력된 쿼리 얼굴 영상 x 에 대해 산출된 얼굴 서술자 z 를 상기 '1. 학습단계, 마.'에서 산출된 학습 얼굴 영상의 얼굴 서술자 z_i 와 소정의 유사도 판단 방법을 통해 유사도를 판단한다.
- <97> 참고로, 학습 단계에서 계산된 제 1 LDA 변환 매트릭스 W^k , 제 2 LDA 변환 매트릭스 W , 또는 제 2 GDA 변환시 이용되는 변환 계수 β 및 b 등의 변환 매트릭스 또는 변환 계수는 검색 단계 이전에 미리 계산되어 저장되어 있어야 하지만, 상기 학습 얼굴 영상의 얼굴 서술자 z_i 의 산출은 학습 단계에서 미리 산출되어 저장되거나, 또는 쿼리 얼굴 영상이 입력될 때, 쿼리 얼굴 영상과 같이 산출될 수 있다.
- <98> 이하, 전체적인 절차에 대한 자세한 설명은 도면을 참조하여 설명한다.
- <99> 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 얼굴 검색 장치의 구성도이다.

- <100> 크게 본 발명의 일실시에에 따른 얼굴 검색 장치는, 다단(cascaded) LDA 변환부(10), 유사 판단부(20) 및 학습 얼굴 영상이 저장된 영상 DB(30)으로 구분되며, 다단 LDA 변환부(10)를 통해 입력된 쿼리 얼굴 영상의 얼굴 서술자 z 가 산출되며, 유사 판단부(20)는 영상 DB(30)내의 학습 얼굴 영상들의 얼굴 서술자 z_i 와 산출된 쿼리 얼굴 영상의 얼굴 서술자 z 를 소정의 유사도 판단 방법에 따라 유사도를 판단하여 검색 결과를 출력한다. 출력되는 검색 결과는 가장 높은 유사도를 가지는 학습 얼굴 영상이거나, 높은 유사도 순으로 검색되어 정렬된 학습 얼굴 영상들이다.
- <101> 학습 얼굴 영상의 얼굴 서술자 z_i 는, 학습 단계에서 미리 산출되어 영상 DB(30)에 미리 저장되거나, 또는 쿼리 얼굴 영상이 입력될 때, 학습 얼굴 영상과 쿼리 얼굴 영상과 같이 다단LDA 변환부(10)에 입력되면서 산출될 수 있다.
- <102> 본 발명의 일실시에에 따른 유사도 판단 방법에 대해서는 도 4에 관한 발명의 상세한 설명에서 후술하기로 한다.
- <103> 전술한 다단 LDA 변환부(10)의 구성을 도 1을 참조하여 자세히 살펴보면, 먼저 도 5(a)에 도시된 바와 같은 얼굴 영상이 입력되는 영상 입력부(100), 영상 입력부(100)를 통해 입력된 영상을 성분별로, 즉 눈, 코 또는 입을 기준으로 L 개의 성분별로 분할하는 성분 분할부(200)를 포함한다. 성분 분할부(200)에서 분할된 예시적인 얼굴 영상은 도 5(b)에 도시되어 있다. 도 5(b)에서는 눈, 코, 입을 기준으로 총 5개의 성분으로 분할하였으며, 분할된 각 성분은 서로 일부 중첩된다. 상기 분할시 각 성분을 서로 중첩시키는 이유는 성분 분할에 따라 얼굴의 특징이 일부 손실되는 것을 방지하기 위함이다.
- <104> 성분 분할부(200)에서 분할된 L 개의 얼굴 성분들은 제 1 LDA 변환부(300)에 의해 LDA 변환되어 각각의 성분 서술자로 변환된다. 제 1 LDA 변환부(300)는 성분 분할부

(200)에서 분할된 L 개의 각 성분을 LDA 변환하여 각각의 성분 서술자로 변환하는 L개의 LDA 변환부(310) 및 각 LDA 변환부(310)에서 변환된 성분 서술자를 벡터 정형화 하는 L 개의 벡터 정형화부(320)를 포함한다. 전술한 바와 같이, 성분 서술자의 벡터 정형은 다음의 식을 이용하여 이루어지며, .

<105>

$$a' = \frac{a}{\|a\|}$$

<106>

여기서, a는 길이 n을 가진 벡터를 말한다.

<107>

L개의 LDA 변환부(310)는, 영상 DB(30)내 학습 얼굴 영상의 학습 결과에 따라 변환 매트릭스/변환계수 DB(600)에 저장된 각 성분별 제 1 LDA 변환 매트릭스 W^k , $k=1, 2, \dots, L$ 를 이용하여, 입력된 쿼리 얼굴 영상의 각 성분을 LDA 변환한다. 예를 들어, 도 5(b)의 이마를 포함하여 분할된 성분을 $k=1$ 이라 할 때, 상기 이마를 포함하여 분할된 성분은 W^1 에 의해 LDA 변환되고, 우측 눈을 포함하여 분할된 성분을 $k=2$ 이라 할 때, 상기 이마를 포함하여 분할된 성분은 W^2 에 의해 LDA 변환된다.

<108>

참고로, 본 실시예에서, L개로 표현된 LDA 변환부(310) 및 벡터 정형화부(320)는 다수의 얼굴 성분들을 병렬처리하거나 순차적으로 처리가능한 하나의 LDA 변환부(310) 및 벡터 정형화부(320)로 변경가능하다.

<109>

L 개의 벡터 정형화부(320)에서 벡터 정형화된 L 개의 성분 서술자들은 벡터 합성부(400)에서 하나의 벡터로 결합되고, 결합된 벡터는 L 개로 분할된 성분들이 결합되므로 L 차원으로 구성된다.

- <110> 벡터 합성부(400)에서 결합된 L 차원의 단일 벡터는 제 2 LDA 변환부 또는 제 2 GDA 변환부(이하 '제 2 LDA/GDA 변환부')(500)에서 다시 LDA 또는 GDA 변환된다.
- <111> 제 2 LDA/GDA 변환부(500)은, 영상 DB(30)내 학습 얼굴 영상의 학습 결과에 따라 변환매트릭스/변환계수 DB(600)에 저장된 제 2 LDA 변환 매트릭스 W를 이용하여 제 2 LDA 변환을 수행하거나(제 2 LDA 변환부인 경우), 또는 변환매트릭스/변환계수 DB(600)에 저장된, 사전 지정된 커널 함수, 학습에 의해 지정된 변환 계수 β 및 b 를 이용하여 제 2 GDA 변환을 수행하여(제 2 GDA 변환부인 경우) 얼굴 서술자 z 를 산출한다.
- <112> 다만 LDA 변환부(10)에서 쿼리 얼굴 영상의 얼굴 서술자 z 가 산출된 후, 유사 판단부(20)는 영상 DB(30)내에 저장된 학습 얼굴 영상들의 얼굴 서술자 z_i 와 산출된 쿼리 얼굴 영상의 얼굴 서술자 z 를 소정의 유사도 판단 방법에 따라 유사도를 판단하여 검색 결과를 출력한다. 유사 판단부(20)에서 사용되는 유사도 판단 방법은 쿼리 얼굴 영상의 얼굴 서술자 z 와 영상 DB(30)내의 학습 얼굴 영상의 얼굴 서술자 z_i 의 교차 상관(cross-correlation)을 계산하여 단순히 유사도 $d(z_1, z_2)$ 를 계산하는 종래의 방법 또는 도 4를 참조하여 설명될 조인트 검색 방법 등이 적용될 수 있다. 참고로, 종래의 교차 상관을 계산하여 유사도 $d(z_1, z_2)$ 를 계산하는 방법은,

<113>

$$d(z_1, z_2) = \frac{z_1 \cdot z_2}{\|z_1\| \|z_2\|}$$

<114> 을 이용하여 계산된다.

<115> 참고로, 전술한 본 발명의 일실시예에 따른 얼굴 검색 장치는 각 모듈이 모두 하드웨어로 구성되거나, 일부 모듈이 소프트웨어로 구성되거나, 또는 전체 모듈이 소프트웨어

어로 구성될 수 있다. 따라서, 본 발명의 일실시에에 따른 얼굴 검색 장치가 하드웨어 또는 소프트웨어로 구성되는 것은 본 발명의 사상을 벗어나지 않으며, 소프트웨어로 구성되면서 본 발명의 사상에서 벗어나지 않으면서 소프트웨어로 구성됨에 따른 수정과 변경이 부가될 수 있음은 자명하다.

<116> 본 발명의 일실시에에 따른 결합된 성분 서술자를 이용한 얼굴 검색 방법을 도 2 및 도 3을 참조하여 설명한다.

<117> 도 2는 본 발명의 일실시에에 따른 얼굴 검색 방법의 흐름도이고, 도 3는 본 발명의 일실시에에 따른 얼굴 검색 방법의 과정을 도시한 블록도이다.

<118> 먼저, 영상 입력부(100)로 쿼리 얼굴 영상 x 이 입력되면, 성분 분할부(200)에서 지정된 성분 분할 정의에 따라 L 개의 얼굴 성분들로 분할되고(S10), 제 1 LDA 변환부(300)내의 L 개의 LDA 변환부(310)에서, 영상 DB(30)에 저장된 학습 얼굴 영상의 학습 결과에 따라 변환매트릭스/변환계수 DB(600)에 저장된 각 성분별 제 1 LDA 변환 매트릭스 W^k , $k=1,2,\dots,L$ 를 이용하여, 입력된 쿼리 얼굴 영상의 L 개의 성분을 각각 제 1 LDA 변환한다(S20).

<119> L 개의 LDA 변환부(310)에서 제 1 LDA 변환된 성분 서술자($CD1, CD2, \dots, CDL$)는 L 개의 벡터 정형화부(320)에 의해 벡터 정형화 되고(S30), 이후 벡터 합성부(400)에서 L 차원으로 구성되는 하나의 벡터로 결합된다(S40).

<120> 벡터 합성부(400)에서 하나의 벡터로 결합된 성분 서술자는 이후 제 2 LDA/GDA 변환부(500)에 의해 제 2 LDA/GDA 변환된다(S50).

<121> 제 2 LDA 변환부(500)인 경우, 학습 단계에서 계산된 제 2 LDA 변환 매트릭스 W 를 이용하여 제 2 LDA 변환을 수행하고, 제 2 GDA 변환부(500)인 경우, 지정된 커널 함수, 학습에 의해 지정된 변환 계수 β 및 b 를 이용하여 제 2 GDA 변환을 수행하여 얼굴 서술자 z 가 산출된다.

<122> 이후 유사 판단부(20)에서 입력된 쿼리 얼굴 영상 x 에 대해 제 2 LDA/GDA 변환부(500)에서 산출된 얼굴 서술자 z 를, 영상 DB(30)내의 학습 얼굴 영상의 얼굴 서술자 z_i 와 소정의 유사도 판단 방법을 통해 유사도를 판단하고(S60), 유사도에 따른 검색 결과를 출력한다(S70). 전술한 바와 같이, 출력되는 검색 결과는 가장 높은 유사도를 가지는 학습 얼굴 영상이거나, 높은 유사도 순으로 검색되어 정렬된 학습 얼굴 영상들이며, 학습 얼굴 영상의 얼굴 서술자 z_i 는, 학습 단계에서 미리 산출되어 영상 DB(30)에 미리 저장되거나, 또는 쿼리 얼굴 영상이 입력될 때, 학습 얼굴 영상과 쿼리 얼굴 영상과 같이 다단LDA 변환부(10)에 입력되면서 산출될 수 있다.

<123> 이하, 본 발명의 일실시예에 따른 유사도 판단 방법을 도 4를 참조하여 설명한다.

<124> 본 발명의 일실시예에서는, 유사도 판단 방법으로 조인트 검색 방법을 사용하는데, 조인트 검색 방법은 유사 판단부(20)가 쿼리 얼굴 영상을 기준으로 유사도가 소정의 유사범위 내에 해당하는 제 1 유사 얼굴 영상을 유사도가 높은 순으로 영상 DB(30)로부터 추출하고, 다시 제 1 유사 얼굴 영상을 기준으로 유사도가 소정의 유사범위 내에 해당하는 제 2 유사 얼굴 영상을 추출하여, 입력된 쿼리 얼굴 영상과 영상 DB(30)내의 학습 얼굴 영상들과의 유사도 판단시 상기 추출된 제 1 유사 얼굴 영상 및 제 2 유사 얼굴 영상을 일종의 가중치로서 이용하는 방법이다.

<125> 본 실시예에서는 제 2 유사 얼굴 영상까지 추출하여 유사도를 판단하였으나, 추가로 제 3, 또는 제 4 유사 얼굴 영상 등 다수의 유사 얼굴 영상까지 확장 가능하다.

<126> 본 발명에 따른 조인트 검색 방법은 다음의 식(15)으로 표현된다.

<127>

$$S'_{q,m} = S_{q,m} + \sum_{k=1}^M S_{q,h^{1st}_k} \cdot S_{h^{1st}_k,m} + \sum_{k=1}^M S_{q,h^{1st}_k} \sum_{l=1}^L S_{h^{1st}_k,h^{2nd}_l} \cdot S_{h^{2nd}_l,m}$$

【수학식 15】

<128> 여기서, $S_{i,j}$ 은 이미지 i와 j의 유사도이고, h^{1st}, h^{2nd} 는 제 1, 제 2 유사 얼굴 영상에서 하이 랭크된(High ranked) 얼굴 영상의 인덱스(Index)이고, $S_{q,m}$ 은 쿼리 얼굴 영상(q)과 영상 DB(30)내 소정 학습 얼굴 영상(m)의 최종 유사도이다.

<129> 참고로, $S_{i,j}$ 자체는 종래의 교차 상관 즉,

<130>

$$d(z_1, z_2) = \frac{z_1 \cdot z_2}{\|z_1\| \|z_2\|}$$

<131> 등 다양한 유사도 계산이 적용될 수 있다.

<132> 식(15)에서, $S_{q,m}$ 은 쿼리 얼굴 영상 q와 영상 DB(30)내 각 얼굴 영상 m의 유사도이고, S_{q,h^{1st}_k} 는 쿼리 얼굴 영상 q와 제 1 유사 얼굴 영상들의 유사도이고, $S_{h^{1st}_k,m}$ 은 제 1 유사 얼굴 영상들과 영상 DB(30)내 각 얼굴 영상 m의 유사도이고, $S_{h^{1st}_k,h^{2nd}_l}$ 은 제 1 유사 얼굴 영상들과 제 2 유사 얼굴 영상들의 유사도이고, $S_{h^{2nd}_l,m}$ 은 제 2 유사 얼굴 영상들과 영상 DB(30)내 각 얼굴 영상 m의 유사도 계산이고, M은 제 1 유사 얼굴 영상들의 갯수이고, 그리고 L은 제 1 유사 얼굴 영상별 상기 제 2 유사 얼굴 영상들의 갯수이다.

- <133> 도 4를 참조하여 본 발명의 일실시예에 따른 유사도 판단 방법을 설명하면,
- <134> 먼저, 쿼리 얼굴 영상과 영상 DB(30)내 학습 얼굴 영상들의 유사도를 판단하는 1차 유사도 판단 후(S61), 1차 유사도 판단 단계에 따라 높은 유사도 순으로 영상 DB(30)에서 제 1 유사 얼굴 영상들을 추출한다(S62).
- <135> 이후, 추출된 제 1 유사 얼굴 영상들과 영상 DB(30)내 학습 얼굴 영상들의 유사도를 판단하는 2차 유사도 판단을 수행하고(S63), 2차 유사도 판단 단계에 따라 높은 유사도 순으로 영상 DB(30)에서 제 1 유사 얼굴 영상별로 제 2 유사 얼굴 영상들을 추출한다(S64). 마지막으로, 추출된 제 1 유사 얼굴 영상들 및 제 2 유사 얼굴 영상들을 이용하여 쿼리 얼굴 영상과 영상 DB(30)내 각 학습 얼굴 영상의 유사도 $S_{q,m}$ 를 계산하여 최종 유사도를 판단한다(S65).
- <136> 도 6은 종래의 얼굴검색 방법과 본 발명의 일실시예에 따른 얼굴 검색방법을 통해 얻어진 실험 결과를 도시한 것으로서, 본 발명의 일실시예에 따른 얼굴 검색방법의 성능이 종래의 방법에 비해 향상된 것을 볼 수 있다.
- <137> 도 6의 세로축에 표기된 'Holistic'은 얼굴 영상을 분할하지 않고 전체에 대해 LDA 변환을 적용한 경우이고, 'LDA-LDA'는 본 발명의 일실시예에 따른 얼굴 검색 방법으로서, 제 1 LDA 변환 후 제 2 LDA 변환을 적용한 경우이고, 'LDA-GDA'는 본 발명의 다른 실시예에 따른 얼굴 검색 방법으로서, 제 1 LDA 변환 후 제 2 GDA 변환을 적용한 경우이다. 'LDA-GDA'에서 커널 함수로서 래디얼 베이스 함수(Radial Basis Function)를 사용하였다.

- <138> 또한, 도 6의 가로축에 표기된 '실험 1' 은 160명의 사람에 대해 각 5장의 얼굴 영상, 총 800개의 얼굴 영상을 학습 얼굴 영상으로 학습하여, 쿼리 얼굴 영상으로 475명의 사람에 대해 각 5장의 얼굴 영상, 총 2375개의 쿼리 얼굴 영상으로 테스트한 경우이고,
- <139> '실험 2' 는 337명의 사람에 대해 각 5장의 얼굴 영상, 총 1685개의 얼굴 영상을 학습 얼굴 영상으로 학습하여, 쿼리 얼굴 영상으로 298명의 사람에 대해 각 5장의 얼굴 영상, 총 1490개의 쿼리 얼굴 영상으로 테스트한 경우이고,
- <140> '실험 3' 은 총 2285개의 얼굴 영상을 학습 얼굴 영상으로 학습하여, 쿼리 얼굴 영상으로 총 2090개의 쿼리 얼굴 영상으로 테스트한 경우이다.
- <141> 도 6의 실험 결과로서, 본 발명의 일실시에에 따른 얼굴 검색 방법이 종래 방법에 비해 ANMRR(Average Normalized Modified Recognition Rate)과 FIR(False Identification Rate)이 향상된 것을 볼 수 있다.
- <142> 지금까지 첨부한 도면과 실시예를 기초로 본 발명을 설명하였으나, 본 발명은 전술한 실시예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 사상에서 벗어나지 않으면서 수정과 변경을 가할 수 있음은 자명할 것으로 이해된다.

【발명의 효과】

- <143> 이상에서 설명한 바와 같이 본 발명에 따르면, 성분별로 분할된 성분 서술자를 결합하여 하나의 얼굴 서술자로 구현함으로써 데이터 처리 분량을 현저히 절감하면서 정확한 검색이 가능한 효과가 있으며, 얼굴 검색 시간 또한 단축시킬 수 있는 효과가 있다.

<144> 그리고, 얼굴 검색시 입력얼굴 뿐만 아니라 이와 유사한 학습얼굴을 비교기준으로 적용하는 조인트 검색 방법을 사용함으로써 보다 향상된 검색 정확도를 제공할 수 있다.

【특허청구범위】**【청구항 1】**

입력된 얼굴 영상을 성분별로 분할하는 성분 분할부;

상기 분할된 각 성분을 LDA 변환을 통해 각각의 성분 서술자로 변환하는 제 1 LDA 변환부;

상기 각각의 성분 서술자를 결합하는 벡터 합성부;

상기 벡터 합성부에서 결합된 결과를 GDA 변환을 통해 얼굴 서술자로 변환하는 제 2 GDA 변환부; 및

입력된 쿼리 얼굴 영상의 얼굴 서술자와 영상 DB 내 얼굴 영상들의 얼굴 서술자를 비교하여, 상기 입력된 쿼리 얼굴 영상과 상기 영상 DB 내 얼굴 영상들의 유사도를 판단하는 유사 판단부를 포함하는 것을 특징으로 하는 결합된 성분 서술자를 이용한 얼굴 검색 장치.

【청구항 2】

입력된 얼굴 영상을 성분별로 분할하는 성분 분할부;

상기 분할된 각 성분을 LDA 변환을 통해 각각의 성분 서술자로 변환하는 제 1 LDA 변환부;

상기 변환된 각각의 성분 서술자를 결합하는 벡터 합성부;

상기 각각의 성분 서술자를 결합하는 벡터 합성부;

상기 벡터 합성부에서 결합된 결과를 LDA 변환을 통해 얼굴 서술자로 변환하는 제 2 LDA 변환부; 및

입력된 쿼리 얼굴 영상의 얼굴 서술자와 영상 DB 내 얼굴 영상들의 얼굴 서술자를 비교하여, 상기 입력된 쿼리 얼굴 영상과 상기 영상 DB 내 얼굴 영상들의 유사도를 판단하는 유사 판단부를 포함하는 것을 특징으로 하는 결합된 성분 서술자를 이용한 얼굴 검색 장치.

【청구항 3】

제 1항 또는 제 2항에 있어서, 상기 제 1 LDA 변환부는,

상기 분할된 각 성분을 LDA 변환을 통해 각각의 성분 서술자로 변환하는 성분별 LDA 변환부; 및

상기 변환된 각각의 성분 서술자를 일차원 벡터로 각각 정형화 하는 벡터 정형화부를 포함하는 것을 특징으로 하는 결합된 성분 서술자를 이용한 얼굴 검색 장치.

【청구항 4】

제 3항에 있어서, 상기 LDA 변환부 및 상기 벡터 정형화부는 분할된 성분별로 다수 구성되는 것을 특징으로 하는 결합된 성분 서술자를 이용한 얼굴 검색 장치.

【청구항 5】

제 1항 또는 제 2항에 있어서, 상기 영상 DB 내 각 얼굴 영상을 학습하여 계산된 변환 매트릭스 또는 변환 계수가 저장된 변환 매트릭스/변환 계수 DB를 더 포함하고, 상기 제 1 LDA 변환부 또는 상기 제 2 LDA/GDA 변환부는 상기 저장된 변환 매트릭스 또는 변환 계수를 이용하여 LDA 또는 GDA 변환하는 것을 특징으로 하는 결합된 성분 서술자를 이용한 얼굴 검색 장치.

**【청구항 6】**

제 1항 또는 제 2항에 있어서, 상기 영상 DB 는 각 얼굴 영상에 대한 얼굴 서술자를 저장하고;

상기 입력된 쿼리 얼굴 영상과 영상 DB 내 얼굴 영상의 비교는, 상기 입력된 쿼리 얼굴 영상의 얼굴 서술자와 상기 영상 DB 에 저장된 각 얼굴 영상에 대한 얼굴 서술자의 비교인 것을 특징으로 하는 결합된 성분 서술자를 이용한 얼굴 검색 장치.

【청구항 7】

제 1항 또는 제 2항에 있어서, 상기 분할된 각 성분은, 서로 일부 중첩되는 것을 특징으로 하는 결합된 성분 서술자를 이용한 얼굴 검색 장치.

【청구항 8】

제 1항 또는 제 2항에 있어서, 상기 분할된 각 성분은, 눈, 코 또는 입을 기준으로 분할되는 것을 특징으로 하는 결합된 성분 서술자를 이용한 얼굴 검색 장치.

【청구항 9】

제 1항 또는 제 2항에 있어서, 상기 유사 판단부는,

상기 입력된 쿼리 얼굴 영상과 유사한 상기 영상 DB내 제 1 유사 얼굴 영상들, 및 상기 제 1 얼굴 영상들과 유사한 제 2 유사 얼굴 영상들을 추출하고;

상기 제 2 유사 얼굴 영상들과 상기 입력된 쿼리 얼굴 영상의 유사도를 이용하여, 상기 입력된 쿼리 얼굴 영상과 상기 영상 DB 내 얼굴 영상들의 유사도를 판단하는 것을 특징으로 하는 결합된 성분 서술자를 이용한 얼굴 검색 장치.

【청구항 10】

제 9항에 있어서, 상기 입력된 쿼리 얼굴 영상과 상기 영상 DB 내 얼굴 영상들의 유사도 판단은,

$$S_{q,m} = S_{q,m} + \sum_{k=1}^M S_{q,h^{1st}_k} \cdot S_{h^{1st}_k,m} + \sum_{k=1}^M S_{q,h^{1st}_k} \sum_{l=1}^L S_{h^{1st}_k,h^{2nd}_l} \cdot S_{h^{2nd}_l,m}$$

에 따른 유사도 계산에 의하여 이루어지는데;

$S_{q,m}$ 은 상기 입력된 쿼리 얼굴 영상 q와 상기 영상 DB내 각 얼굴 영상 m의 유사도이고;

S_{q,h^{1st}_k} 는 상기 입력된 쿼리 얼굴 영상 q와 상기 제 1 유사 얼굴 영상들의 유사도이고;

$S_{h^{1st}_k,m}$ 은 상기 제 1 유사 얼굴 영상들과 상기 영상 DB내 각 얼굴 영상 m의 유사도이고;

$S_{h^{1st}_k,h^{2nd}_l}$ 은 상기 제 1 유사 얼굴 영상들과 상기 제 2 유사 얼굴 영상들의 유사도이고;

$S_{h^{2nd}_l,m}$ 은 상기 제 2 유사 얼굴 영상들과 상기 영상 DB내 각 얼굴 영상 m의 유사도 계산이고;

M은 상기 제 1 유사 얼굴 영상들의 갯수이고; 그리고

L은 상기 제 1 유사 얼굴 영상별 상기 제 2 유사 얼굴 영상들의 갯수인 것을 특징으로 하는 결합된 성분 서술자를 이용한 얼굴 검색 장치.

【청구항 11】

입력된 얼굴 영상을 성분별로 분할하는 단계;

상기 분할된 각 성분을 LDA 변환을 통해 각각의 성분 서술자로 변환하는 단계;

상기 각각의 성분 서술자를 결합하는 단계;

상기 결합된 결과를 GDA 변환을 통해 얼굴 서술자로 변환하는 단계; 및

입력된 쿼리 얼굴 영상의 얼굴 서술자와 영상 DB 내 얼굴 영상들의 얼굴 서술자를 비교하여, 상기 입력된 쿼리 얼굴 영상과 상기 영상 DB 내 얼굴 영상들의 유사도를 판단하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 결합된 성분 서술자를 이용한 얼굴 검색 방법.

【청구항 12】

입력된 얼굴 영상을 성분별로 분할하는 단계;

상기 분할된 각 성분을 LDA 변환을 통해 각각의 성분 서술자로 변환하는 단계;

상기 각각의 성분 서술자를 결합하는 단계;

상기 결합된 결과를 LDA 변환을 통해 얼굴 서술자로 변환하는 단계; 및

입력된 쿼리 얼굴 영상의 얼굴 서술자와 영상 DB 내 얼굴 영상들의 얼굴 서술자를 비교하여, 상기 입력된 쿼리 얼굴 영상과 상기 영상 DB 내 얼굴 영상들의 유사도를 판단하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 결합된 성분 서술자를 이용한 얼굴 검색 방법.

【청구항 13】

제 11항 또는 제 12항에 있어서, 상기 LDA 변환을 통해 각각의 성분 서술자로 변환하는 단계는,

상기 분할된 각 성분을 LDA 변환을 통해 각각의 성분 서술자로 변환하는 단계; 및
상기 변환된 각각의 성분 서술자를 일차원 벡터로 각각 정형화 하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 결합된 성분 서술자를 이용한 얼굴 검색 방법.

【청구항 14】

제 11항 또는 제 12항에 있어서, 상기 LDA 변환 또는 상기 GDA 변환은,

영상 DB 내 각 얼굴 영상을 학습하여 계산된 변환 매트릭스 또는 변환 계수를 이용하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 결합된 성분 서술자를 이용한 얼굴 검색 방법.

【청구항 15】

제 11항 또는 제 12항에 있어서,

상기 판단된 유사도에 따라 검색된 상기 영상 DB 내 얼굴 영상들을 출력하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 결합된 성분 서술자를 이용한 얼굴 검색 방법.

【청구항 16】

제 11항 또는 제 12항에 있어서, 상기 입력된 쿼리 얼굴 영상과 영상 DB 내 얼굴 영상의 비교는, 상기 입력된 쿼리 얼굴 영상의 얼굴 서술자와 상기 영상 DB 에 저장된 각 얼굴 영상에 대한 얼굴 서술자의 비교인 것을 것을 특징으로 하는 결합된 성분 서술자를 이용한 얼굴 검색 방법.

【청구항 17】

제 11항 또는 제 12항에 있어서, 상기 분할된 각 성분은, 서로 일부 중첩되는 것을 특징으로 하는 결합된 성분 서술자를 이용한 얼굴 검색 방법.

【청구항 18】

제 11항 또는 제 12항에 있어서, 상기 분할된 각 성분은, 눈, 코 또는 입을 기준으로 분할되는 것을 특징으로 하는 결합된 성분 서술자를 이용한 얼굴 검색 방법.

【청구항 19】

제 11항 또는 제 12항에 있어서, 상기 유사도 판단 단계는,

상기 입력된 쿼리 얼굴 영상과 유사한 상기 영상 DB내 제 1 유사 얼굴 영상들, 및 상기 제 1 얼굴 영상들과 유사한 제 2 유사 얼굴 영상들을 추출하는 단계; 및

상기 제 2 유사 얼굴 영상들과 상기 입력된 쿼리 얼굴 영상의 유사도를 이용하여, 상기 입력된 쿼리 얼굴 영상과 상기 영상 DB 내 얼굴 영상들의 유사도를 판단하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 결합된 성분 서술자를 이용한 얼굴 검색 방법.

【청구항 20】

제 19항에 있어서, 상기 제 1 유사 얼굴 영상과 상기 제 2 유사 얼굴 영상을 추출하는 단계는,

상기 입력된 쿼리 얼굴 영상과 상기 영상 DB내 각 영상의 유사도를 판단하는 1차 유사도 판단 단계;

상기 1차 유사도 판단 단계에 따라 높은 유사도 순으로 제 1 유사 얼굴 영상들을 추출하는 단계;

상기 제 1 유사 얼굴 영상들과 상기 영상 DB내 각 영상의 유사도를 판단하는 2차 유사도 판단 단계; 및

상기 2차 유사도 판단 단계에 따라 높은 유사도 순으로 상기 제 1 유사 얼굴 영상 별로 제 2 유사 얼굴 영상들을 추출하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 결합된 성분 서술자를 이용한 얼굴 검색 방법.

【청구항 21】

제 19항에 있어서, 상기 입력된 쿼리 얼굴 영상과 상기 영상 DB 내 얼굴 영상들의 유사도 판단은,

$$S_{q,m} = S_{q,m} + \sum_{k=1}^M S_{q,h^{1st}_k} \cdot S_{h^{1st}_k,m} + \sum_{k=1}^M S_{q,h^{1st}_k} \sum_{l=1}^L S_{h^{1st}_k,h^{2nd}_l} \cdot S_{h^{2nd}_l,m}$$

에 따른 유사도 계산에 의하여 이루어지는데;

$S_{q,m}$ 은 상기 입력된 쿼리 얼굴 영상 q와 상기 영상 DB내 각 얼굴 영상 m의 유사도 이고;

S_{q,h^{1st}_k} 는 상기 입력된 쿼리 얼굴 영상 q와 상기 제 1 유사 얼굴 영상들의 유사도 이고;

$S_{h^{1st}_k,m}$ 은 상기 제 1 유사 얼굴 영상들과 상기 영상 DB내 각 얼굴 영상 m의 유사도 이고;

$S_{h^{1st}_k,h^{2nd}_l}$ 은 상기 제 1 유사 얼굴 영상들과 상기 제 2 유사 얼굴 영상들의 유사도 이고;

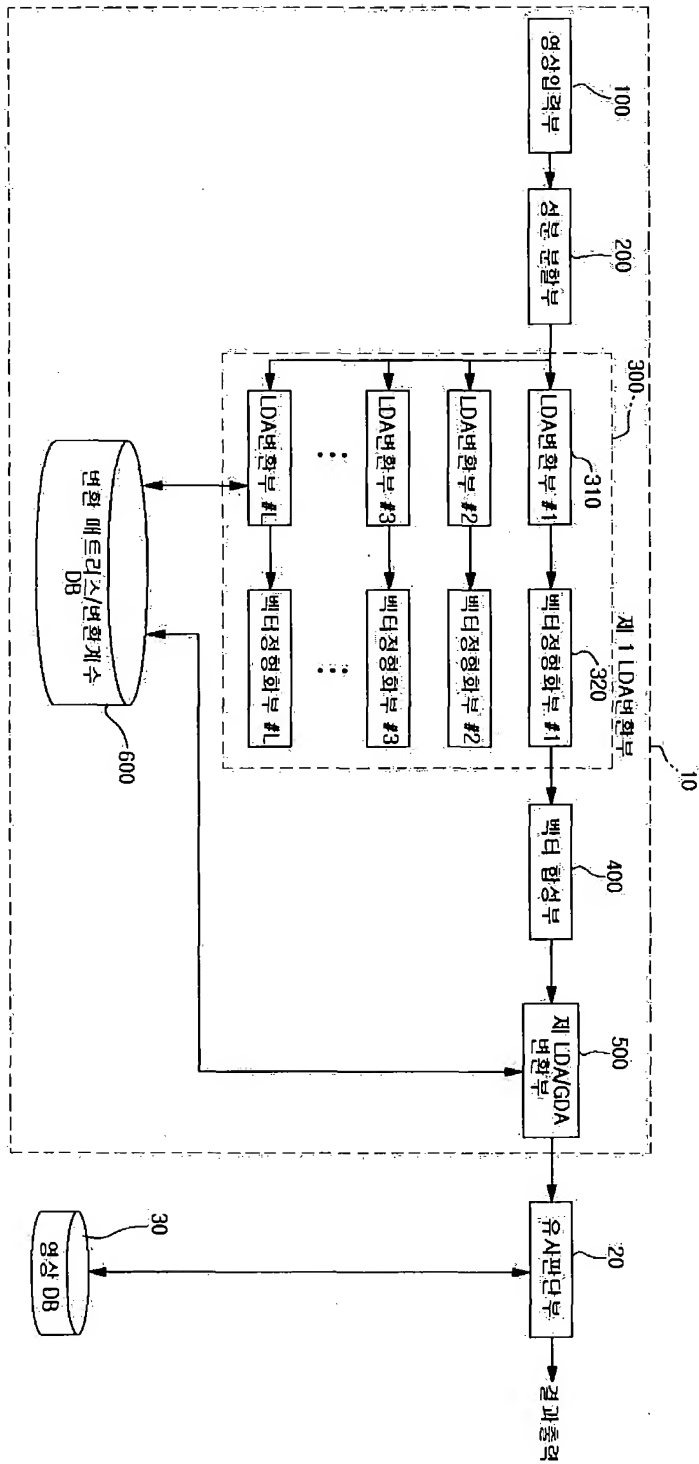
$S_{h^{2nd}, i, m}$ 은 상기 제 2 유사 얼굴 영상들과 상기 영상 DB내 각 얼굴 영상 m 의 유사도이고;

M 은 상기 제 1 유사 얼굴 영상들의 갯수이고; 그리고

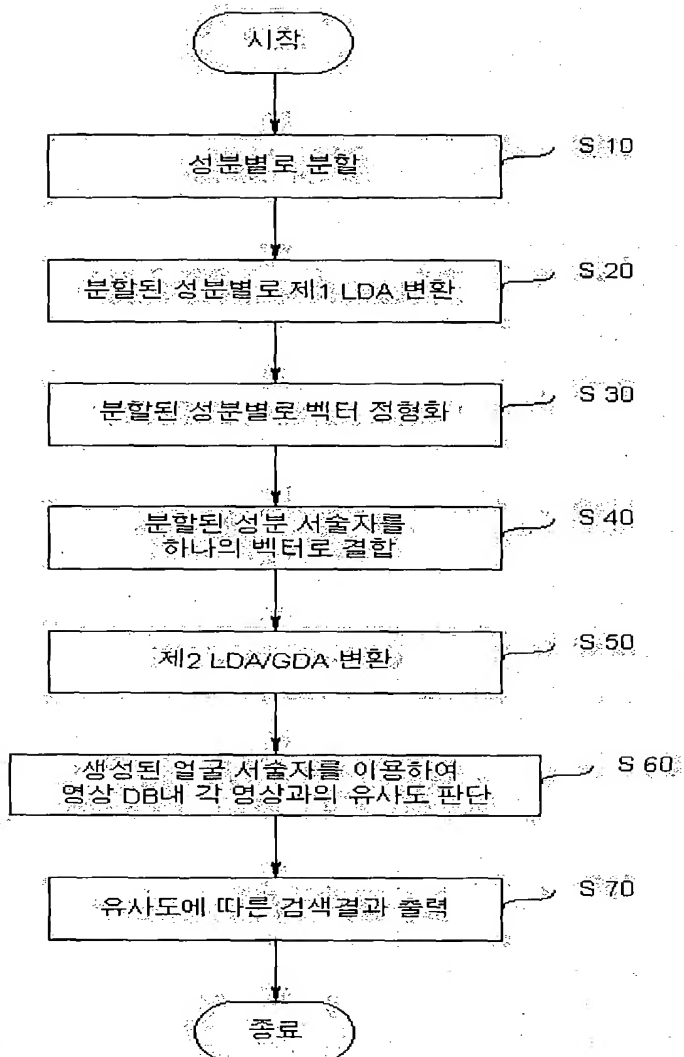
L 은 상기 제 1 유사 얼굴 영상별 상기 제 2 유사 얼굴 영상들의 갯수인 것을 특징으로 하는 결합된 성분 서술자를 이용한 얼굴 검색 방법.

【도면】

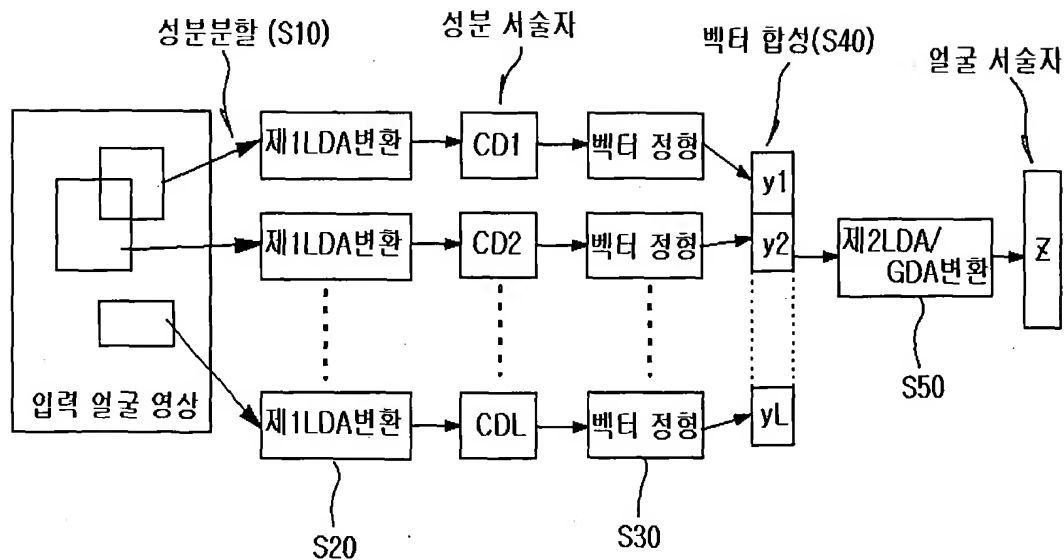
【도 1】



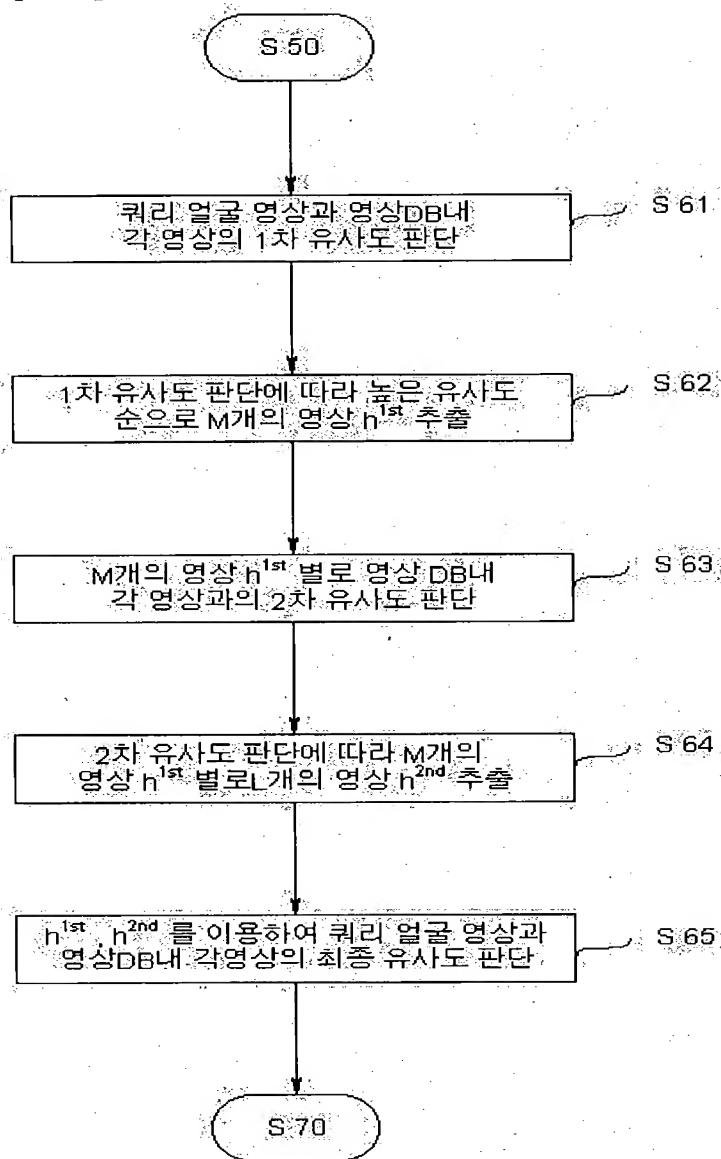
【도 2】



【도 3】



【도 4】

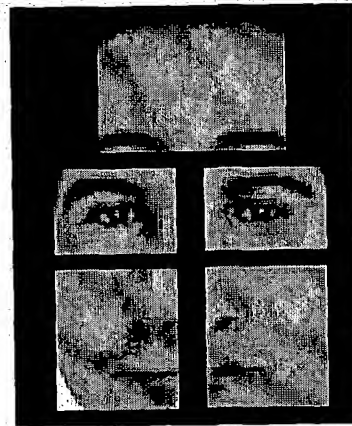


【도 5】



입력 얼굴영상

(a)

성분별로 분할된
얼굴영상

(b)

【도 6】

구 분	실 험 1		실 험 2		실 험 3	
	ANMRR	FIR	ANMRR	FIR	ANMRR	FIR
Holistic	0.1448	0.0573	0.1267	0.0477	0.1950	0.0641
LDA - LDA	0.1257	0.0467	0.0898	0.0222	0.1466	0.0368
LDA - GDA	0.1031	0.0358	0.0677	0.0168	0.1108	0.0239